

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-154647

(43)Date of publication of application : 09.06.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

(21)Application number : 08-311628

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRON CORP

(22)Date of filing : 22.11.1996

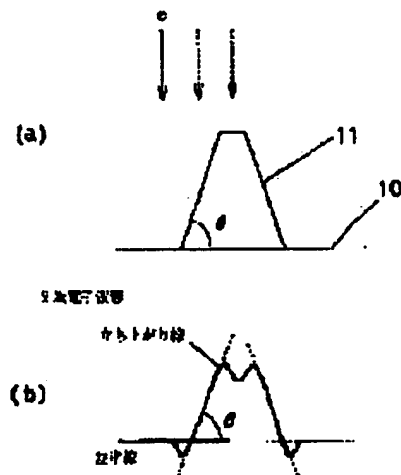
(72)Inventor : YAMASHITA KAZUHIRO

## (54) PATTERN FORMING ANOMALIES DETECTING METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a method detecting anomalies due to a focus position shift in an aligner on the plus defocus side when patterns are formed.

SOLUTION: Relationship between the tilt angle of a resist pattern edge and the focus position is determined and a taper angle  $\theta$  of a resist pattern 11 formed on a semiconductor substrate 10 by a reduced projection aligner is calculated. The focus position shift of the reduced projection aligner is measured from the taper angle  $\theta$  and the relationship between the tilt angle of the resist pattern edge and the focus position.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-154647

(43)公開日 平成10年(1998) 6月9日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/027

識別記号

F I

H 0 1 L 21/30

5 1 6 Z

5 1 6 A

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平8-311628

(22)出願日 平成8年(1996)11月22日

(71)出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府高槻市幸町1番1号

(72)発明者 山下 一博

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内

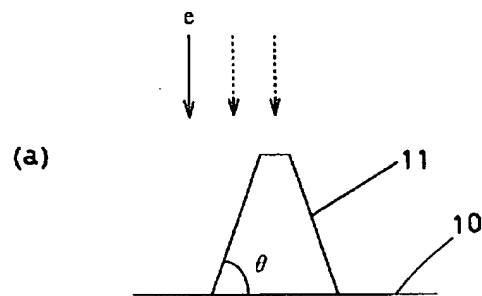
(74)代理人 弁理士 宮井 暎夫

(54)【発明の名称】 パターン形成異常検出方法

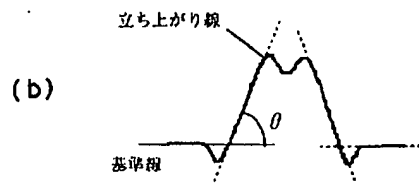
(57)【要約】

【課題】 プラスデフォーカス側での露光装置のフォーカス位置ずれによるパターン形成異常を検出できるパターン形成異常検出方法を得る。

【解決手段】 レジストパターンエッジの傾斜角とフォーカス位置の関係を求めておき、縮小投影露光装置により半導体基板10上に形成されたレジストパターン11のテーパ角 $\theta$ を算出し、テーパ角 $\theta$ に基づきレジストパターンエッジの傾斜角とフォーカス位置の関係より縮小投影露光装置のフォーカス位置ずれを測定するものである。



2次電子波形



10 半導体基板

11 レジスト

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レジストパターンエッジの傾斜角とフォーカス位置の関係を求めておく工程と、縮小投影露光装置により半導体基板上に形成されたレジストパターンのテーパ角を算出する工程と、前記テーパ角に基づき前記レジストパターンエッジの傾斜角とフォーカス位置の関係より前記縮小投影露光装置のフォーカス位置ずれを測定する工程とを含むパターン形成異常検出方法。

【請求項 2】 半導体基板上に形成されたレジストパターン上に電子線を走査し、得られた信号波形より前記レジストパターンのテーパ角を算出することを特徴とする請求項 1 記載のパターン形成異常検出方法。

【請求項 3】 半導体基板上に形成されたレジストパターン上にコヒーレント光を照射し、前記レジストパターンからの回折光を検出することにより前記レジストパターンのテーパ角を算出することを特徴とする請求項 1 記載のパターン形成異常検出方法。

【請求項 4】 0 次光と、1 次、2 次および  $n$  次光の回折光強度比を求めることにより、レジストパターンのテーパ角を算出することを特徴とする請求項 3 記載のパ

ターン形成異常検出方法。

【請求項 5】 半導体基板上に形成されたレジストパターンがラインに対するスペースの比が 2 以上であることを特徴とする請求項 1 記載のパターン形成異常検出方法。

【請求項 6】 半導体基板上に形成された段差上にレジストパターンを形成することを特徴とする請求項 1 記載のパターン形成異常検出方法。

【請求項 7】 ハーフトーン位相シフトマスク上に形成されたクロム領域にレジストパターンを形成することを特徴とする請求項 1 記載のパターン形成異常検出方法。

【請求項 8】 矩型のレジストパターンの短辺寸法と長辺寸法の比率とフォーカス位置の関係を求めておく工程と、縮小投影露光装置により半導体基板上に矩型のレジストパターンを形成する工程と、前記矩型パターンの短辺寸法と長辺寸法の比率に基づき前記矩型のレジストパターンの短辺寸法と長辺寸法の比率とフォーカス位置の関係より前記縮小投影露光装置のフォーカス位置ずれを測定する工程とを含むパターン形成異常検出方法。

【請求項 9】 矩型パターンの周辺に補助パターンを配置していることを特徴とする請求項 8 記載のパターン形成異常検出方法。

【請求項 10】 補助パターンがゾーンプレートパターンであることを特徴とする請求項 9 記載のパターン形成異常検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、光リソグラフィを用いた半導体集積回路のパターン形成工程におけるパターン形成異常検出方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、半導体装置等のパターン形成は、半導体基板上に塗布したレジストを縮小投影露光方法により露光し、現像した後、電子線測長器により寸法管理パターンを測長する。そして、測長寸法が規格内であれば、パターン形成工程は完了し、次工程に引き渡される。

【0003】縮小投影露光方法は、所定の透明部と不透明部とからなるマスクパターン（レチクル）を縮小投影レンズを通して半導体基板上に塗布されたレジストに転写する方法であるが、回折現象により理論上、 $k \times \lambda / 2NA$  の解像限界、 $\lambda / 2 (NA)^2$  の焦点深度を有する。ここで、 $NA$  は投影レンズの開口数、 $\lambda$  は使用光源の波長、 $k$  はプロセス係数である。

【0004】そして、半導体装置等のパターン形成における露光工程では、前記した縮小投影露光装置の日々の最適焦点位置で露光するのであるが、露光装置のフォーカス位置キャリブレーション機能のトラブル等により、最適焦点位置からずれた状態で露光する事態が発生する場合がある。このフォーカス位置ずれが焦点深度を超えた場合、パターン形成異常となる。通常フォーカス位置ずれによるパターン形成異常は、露光後の寸法測定で検出し、異常があればレジストを剥離し、再生し露光工程を再度やり直す必要がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の露光における寸法管理では、図 11 に示すように、プラスデフォーカス側で露光装置のフォーカス位置ずれに対する寸法変化がなく、フォーカス位置ずれによるパターン形成異常を検出できないという問題があった。また、同時に露光装置の最適焦点位置からの位置ずれも検出できないという課題があった。なお、図 12 は、露光、現像後のレジストパターンの断面形状を示している。

【0006】この発明の目的は、プラスデフォーカス側での露光装置のフォーカス位置ずれによるパターン形成異常を検出できるパターン形成異常検出方法を提供することである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】請求項 1 記載のパターン形成異常検出方法は、レジストパターンエッジの傾斜角とフォーカス位置の関係を求めておき、縮小投影露光装置により半導体基板上に形成されたレジストパターンのテーパ角を算出し、テーパ角に基づきレジストパターンエッジの傾斜角とフォーカス位置の関係より縮小投影露光装置のフォーカス位置ずれを測定するものである。

【0008】請求項 2 記載のパターン形成異常検出方法は、請求項 1 において、半導体基板上に形成されたレジストパターン上に電子線を走査し、得られた信号波形よりレジストパターンのテーパ角を算出することを特徴とするものである。請求項 1 または請求項 2 記載のパター

ン形成異常検出方法によると、縮小投影露光装置により半導体基板上に形成されたレジストパターンのテーパ角を算出することにより、縮小投影露光装置のフォーカス位置ずれを測定できる。よって、半導体集積回路パターンの露光工程における露光装置のプラスデフォーカス側のフォーカス位置ずれ量を定量的に計測することができる。

【0009】請求項3記載のパターン形成異常検出方法は、請求項1において、半導体基板上に形成されたレジストパターン上にコヒーレント光を照射し、レジストパターンの回折光を検出することによりレジストパターンのテーパ角を算出することを特徴とするものである。請求項4記載のパターン形成異常検出方法は、請求項3において、0次光と、1次、2次ないしn次光の回折光強度比を求めることにより、レジストパターンのテーパ角を算出することを特徴とするものである。

【0010】請求項3または請求項4記載のパターン形成異常検出方法によると、レジストパターンからの回折光を検出してレジストパターンのテーパ角を算出することにより、縮小投影露光装置のフォーカス位置ずれを測定できる。よって、半導体集積回路パターンの露光工程における露光装置のプラスデフォーカス側のフォーカス位置ずれ量を定量的に計測することができる。

【0011】請求項5記載のパターン形成異常検出方法は、請求項1において、半導体基板上に形成されたレジストパターンがラインに対するスペースの比が2以上であることを特徴とするものである。請求項5記載のパターン形成異常検出方法によると、請求項1の作用に加え、レジストパターンのテーパ角の検出し易くなる。

【0012】請求項6記載のパターン形成異常検出方法は、請求項1において、半導体基板上に形成された段差上にレジストパターンを形成することを特徴とするものである。請求項6記載のパターン形成異常検出方法によると、請求項1の作用に加え、半導体基板上の段差上にレジストパターンを形成したので、マイナスデフォーカス側でのレジスト断面形状の変化がほとんどないレジストを用いる場合でも、プラスデフォーカス側に設定でき、レジストパターンのテーパ角を算出することができる。

【0013】請求項7記載のパターン形成異常検出方法は、請求項1において、ハーフトーン位相シフトマスク上に形成されたクロム領域にレジストパターンを形成することを特徴とするものである。請求項7記載のパターン形成異常検出方法によると、請求項1の作用に加え、ハーフトーン位相シフトマスク上に形成されたクロム領域にレジストパターンを形成することで、フォーカス位置をプラスデフォーカス側に設定でき、レジストパターンのテーパ角を算出することができる。

【0014】請求項8記載のパターン形成異常検出方法は、矩型のレジストパターンの短辺寸法と長辺寸法の比

率とフォーカス位置の関係を求めておき、縮小投影露光装置により半導体基板上に矩型のレジストパターンを形成し、矩型パターンの短辺寸法と長辺寸法の比率に基づき矩型のレジストパターンの短辺寸法と長辺寸法の比率とフォーカス位置の関係より縮小投影露光装置のフォーカス位置ずれを測定するものである。

【0015】請求項8記載のパターン形成異常検出方法によると、矩型パターンの短辺寸法と長辺寸法の比率よりフォーカス位置ずれを測定できる。よって、半導体集積回路パターンの露光工程における露光装置のプラスデフォーカス側のフォーカス位置ずれ量を定量的に計測することができる。請求項9記載のパターン形成異常検出方法は、請求項8において、矩型パターンの周辺に補助パターンを配置していることを特徴とするものである。

【0016】請求項9記載のパターン形成異常検出方法によると、請求項8の作用に加え、矩型パターンの周辺に補助パターンを配置することで、補助パターンによる光学的な干渉効果により、短辺方向と長辺方向の解像性能差を強調することが可能となり、フォーカス位置ずれによる寸法変化比率を高めることができる。請求項10記載のパターン形成異常検出方法は、請求項9において、補助パターンがゾーンプレートパターンであることを特徴とするものである。

【0017】請求項10記載のパターン形成異常検出方法によると、請求項9の作用に加え、ゾーンプレートパターンを用いることにより、光学的干渉効果をより一層高めることが可能となり、フォーカス位置ずれに対する寸法変換差を向上することができる。

【0018】

【実施の形態】

第1の実施の形態

この発明の第1の実施の形態を図1ないし図5に基づいて説明する。図1は半導体集積回路パターンのフォーカス管理方法の説明図、図2はレジストパターンエッジの傾斜角とフォーカス位置の関係を示すグラフである。

【0019】図1に示すように、半導体基板10上にフォトリソレジスト11を塗布し、縮小投影露光装置により半導体回路パターンとなるマスクパターン（レチクル）をレジスト11上に露光転写する。このマスクパターン内には、予め半導体回路パターンとは別に、寸法測定用にラインとスペースの間隔が1：2以上の孤立に近いパターンが設けられている。そして、露光後、現像されたレジストパターンを電子線測長器で測長する。図1（b）に示すように、レジストパターンエッジの傾斜に応じて、2次電子検出器で検出される信号波形の立ち上がり、立ち下がり形状が変化するために、立ち上がり、立ち下がり波形と基板上走差部での基準波形との交わり角を求めることによりレジストパターンのテーパ角 $\theta$ を算出することができる。

【0020】図12の従来例に示したように、レジスト

断面形状はプラス側のフォーカス位置でテーパ形状となる。このレジスト断面形状とフォーカス位置との関係より図2を作製し、図1で得られたレジストテーパ角に基づき、縮小投影露光装置のフォーカス位置ずれを測定する。また、マイナスデフォーカス側でのレジスト断面形状の変化がほとんどないレジストを用いる場合は、図3に示すように、半導体基板10の段差12上にフォーカス管理用パターン13を形成する。このようにすると、本体回路パターン14のベストフォーカス位置よりもプラスのフォーカス側に設定できるため、テーパ角を管理することにより、本体回路パターン14のフォーカス管理ができる。

【0021】また、図4に示すように、ハーフトーン位相シフトマスク15を用いる時は、ハーフトーン領域16となる本体回路パターン周辺に、露光光を完全に遮光するクロム領域(Cr領域)17を設け、そのクロム領域17内にフォーカス管理パターン18を形成すると、図3に示したようにフォーカス管理パターン13を段差12上に設定した時に、フォーカス管理パターン13のフォーカス位置を本体回路パターン14のフォーカス位置に対してプラスのフォーカス側にシフトさせた時と同様に、本体回路パターンとフォーカス管理パターンのフ\*

$$I_1/I_0 = (\sin^2 \pi \varepsilon - 2 \sin \pi \varepsilon \times \sin \pi \eta \times \cos^2 \delta + \sin^2 \pi \eta) / \{ \pi^2 (\varepsilon^2 + 2 \varepsilon \eta \times \cos^2 \delta + \eta^2) \} \cdots \textcircled{1}$$

$$I_0 = (\sin^2 \pi \varepsilon + 2 \sin \pi \varepsilon \times \sin \pi \eta \times \cos^2 \delta + \sin^2 2 \pi \eta) / 4 \{ \sin^2 \pi \varepsilon - 2 \sin \pi \varepsilon \times \sin \pi \eta \times \cos^2 \delta + \sin^2 2 \pi \eta \} \cdots \textcircled{2}$$

$$I_n/I_0 = (\sin^2 n \pi \varepsilon - 2 \times (-1)^n \sin(n \pi \varepsilon) \times \sin(n \pi \eta) \times \cos^2 \delta + \sin^2 n \pi \eta) / \{ n^2 \pi^2 (\varepsilon^2 + 2 \varepsilon \eta \cos^2 \delta + \eta^2) \} \cdots \textcircled{3}$$

なお、 $I_0$ は0次回折光強度、 $I_1$ は1次回折光強度、 $I_n$ はn次回折光強度である。

【0024】上式①②③を連立させることにより $\varepsilon$ 、 $\delta$ 、 $\eta$ が求められ、その結果レジストのテーパ角を求めることができる。

#### 第2の実施の形態

この発明の第2の実施の形態を図6ないし図10を用いて説明する。図6は、フォーカス位置ずれ検出用として用いる矩形パターン25であり、 $L_b$ は短辺、 $L_l$ は長辺を示している。

【0025】第7図は、短辺 $L_b$ と長辺 $L_l$ の比率がほぼ1:2の矩形パターンの露光光強度のシミュレーション結果を示しており、(a)はベストフォーカス時、

(b)は0.6 $\mu$ mデフォーカス時である。また、図中の数値は相対光強度を示している。デフォーカスにより、短辺 $L_b$ と長辺 $L_l$ の比率が変化することがわかる。図8に、フォーカスを変化させた時の短辺 $L_b$ と長辺 $L_l$ の比率を図7の光強度シミュレーションにより求めたものを示す。図8より、フォーカス位置ずれに対して短辺 $L_b$ と長辺 $L_l$ の寸法比率が変化するために、矩形パターン25の短辺 $L_b$ と長辺 $L_l$ の寸法の比率を測定することにより、フォーカス位置ずれを測定すること

\*フォーカス位置ずれを発生させることができる。すなわち、ハーフトーン領域16とクロム領域17とでは、ハーフトーン位相シフトマスク15を通過した露光光に位相差が生じるため、クロム領域17内に形成したフォーカス管理パターン18は、ハーフトーン領域16に対してフォーカス位置ずれが生じる。

【0022】なお、第1の実施の形態では、レジストパターンのテーパ角が検出し易いラインとスペースの比が1:2以上の孤立に近いパターンを用いたが、それ以外のレジストパターンでも同様に実施できる。また、半導体基板上のレジストパターンのテーパ角を求めるために電子線測長器を用いたが、図5に示すように、レジストパターン11上にコヒーレント光を照射し、レジストパターンから回折した多次の光強度を検出し、下記に示すように逆フーリエ変換によりレジストパターン形状を求めることによりレジストパターンのテーパ角を算出することができる。なお、図5中、20、21、22は光検出器、 $L_0$ は0次光、 $L_1$ は+1次光、 $L_2$ は-1次光、 $L_3$ は+2次光、 $L_4$ は-2次光である。

【0023】 $\varepsilon = a/b$ 、 $\delta = 2\pi d/\lambda$ 、 $\eta = (b-a-2c)/b$ すると、

ができる。

30 【0026】なお、第2の実施の形態では、フォーカス位置ずれ検出用として矩形パターン25を用いたが、図9に示すように、フォーカス位置ずれによる寸法変化比率を高めるために、矩形パターン25の周辺に補助パターン26を設けてもよい。すなわち、補助パターン26による光学的な干渉効果により、短辺方向と長辺方向の解像性能差を強調することが可能となり、その結果、フォーカス位置ずれによる寸法変化比率を高めることができる。

【0027】また、図10に示すように、補助パターンとして、下記の数式④に示す各輪の半径 $S_i$ を有するゾーンプレートパターン27を設置することもできる。

$$S_i = \sqrt{(n \lambda f)} \cdots \textcircled{4}$$

ただし、 $f$ はゾーンプレートの焦点距離である。このように、ゾーンプレートパターン27を用いることにより、光学的干渉効果をより一層高めることが可能となり、フォーカス位置ずれに対する寸法変換差を向上することができる。

#### 【0028】

【発明の効果】請求項1または請求項2記載のパターン形成異常検出方法によると、縮小投影露光装置により半

導体基板上に形成されたレジストパターンのテーパ角を算出することにより、縮小投影露光装置のフォーカス位置ずれを測定できる。よって、半導体集積回路パターンの露光工程における露光装置のプラスデフォーカス側のフォーカス位置ずれ量を定量的に計測することができる。その結果、得られたフォーカス位置ずれ量に基づいて露光装置のフォーカスオフセット値を補正することにより、従来計測できていなかったプラスデフォーカスによるパターン形成異常を防止することができる。

【0029】請求項3または請求項4記載のパターン形成異常検出方法によると、レジストパターンからの回折光を検出してレジストパターンのテーパ角を算出することにより、縮小投影露光装置のフォーカス位置ずれを測定できる。よって、半導体集積回路パターンの露光工程における露光装置のプラスデフォーカス側のフォーカス位置ずれ量を定量的に計測することができる。その結果、得られたフォーカス位置ずれ量に基づいて露光装置のフォーカスオフセット値を補正することにより、従来計測できていなかったプラスデフォーカスによるパターン形成異常を防止することができる。

【0030】請求項5記載のパターン形成異常検出方法によると、請求項1の効果に加え、レジストパターンのテーパ角の検出がし易くなる。請求項6記載のパターン形成異常検出方法によると、請求項1の効果に加え、半導体基板上の段差上にレジストパターンを形成したので、マイナスデフォーカス側でのレジスト断面形状の変化がほとんどないレジストを用いる場合でも、プラスデフォーカス側に設定でき、レジストパターンのテーパ角を算出することができる。よって、フォーカス位置ずれ量を定量的に計測することができ、パターン形成異常を防止することができる。

【0031】請求項7記載のパターン形成異常検出方法によると、請求項1の効果に加え、ハーフトーン位相シフトマスク上に形成されたクロム領域にレジストパターンを形成することで、フォーカス位置をプラスデフォーカス側に設定でき、レジストパターンのテーパ角を算出することができる。請求項8記載のパターン形成異常検出方法によると、矩型パターンの短辺寸法と長辺寸法の比率よりフォーカス位置ずれを測定できる。よって、半導体集積回路パターンの露光工程における露光装置のプラスデフォーカス側のフォーカス位置ずれ量を定量的に計測することができる。その結果、得られたフォーカス位置ずれ量に基づいて露光装置のフォーカスオフセット値を補正することにより、従来計測できていなかったプラスデフォーカスによるパターン形成異常を防止することができる。

【0032】請求項9記載のパターン形成異常検出方法によると、請求項8の効果に加え、矩型パターンの周辺に補助パターンを配置することで、補助パターンによる光学的な干渉効果により、短辺方向と長辺方向の解像性

能差を強調することが可能となり、フォーカス位置ずれによる寸法変化比率を高めることができる。請求項10記載のパターン形成異常検出方法によると、請求項9の効果に加え、ゾーンプレートパターンを用いることにより、光学的干渉効果をより一層高めることが可能となり、フォーカス位置ずれに対する寸法変換差を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態における半導体集積回路パターンのフォーカス管理方法の説明図である。

【図2】この発明の第1の実施の形態におけるレジストパターンエッジの傾斜角とフォーカス位置の関係を示すグラフである。

【図3】この発明の第1の実施の形態における半導体基板の段差上のフォーカス管理パターンの配置図である。

【図4】この発明の第1の実施の形態におけるハーフトーン位相シフトマスク上のフォーカス管理パターンの配置図である。

【図5】この発明の第1の実施の形態における回折光強度を検出することによりレジストのテーパ角を検出する原理図である。

【図6】この発明の第2の実施の形態における半導体集積回路パターンのフォーカス管理パターンの平面図である。

【図7】この発明の第2の実施の形態における短辺と長辺の比率がほぼ1:2の矩型パターンの露光光強度のシミュレーション結果を示す図である。

【図8】この発明の第2の実施の形態における短辺と長辺の比率とデフォーカス量との関係を示すグラフである。

【図9】この発明の第2の実施の形態における半導体集積回路パターンのフォーカス管理パターンの変形例の平面図である。

【図10】この発明の第2の実施の形態における半導体集積回路パターンのフォーカス管理パターンの変形例の平面図である。

【図11】従来の寸法管理方法における寸法とフォーカス位置の関係を示すグラフである。

【図12】従来のレジストパターンの断面形状図である。

【符号の説明】

10 半導体基板

11 レジスト

12 段差

13 フォーカス管理パターン

14 本体回路パターン

15 ハーフトーン位相シフトマスク

16 ハーフトーン領域

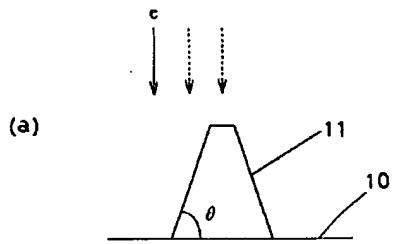
17 クロム領域

18 フォーカス管理パターン

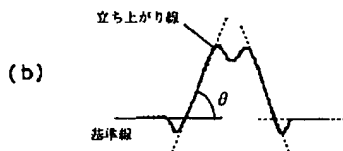
20, 21, 22 光検出器  
25 矩形パターン

\* 26 補助パターン  
\* 27 ゾーンプレートパターン

【図1】

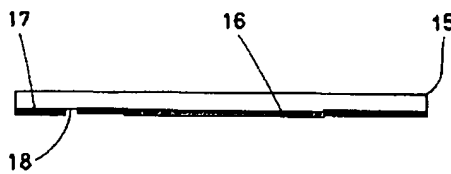


2次電子流形



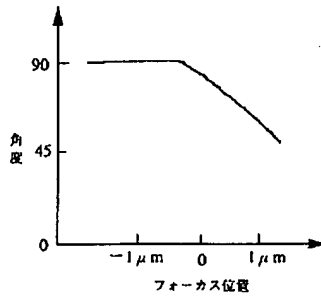
10 半導体基板  
11 レジスト

【図4】

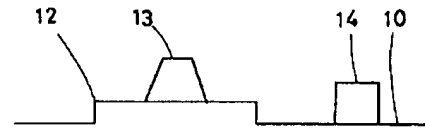


15 ハーフトーン位相シフトマスク  
16 ハーフトーン領域  
17 クロム領域  
18 フォーカス管理パターン

【図2】

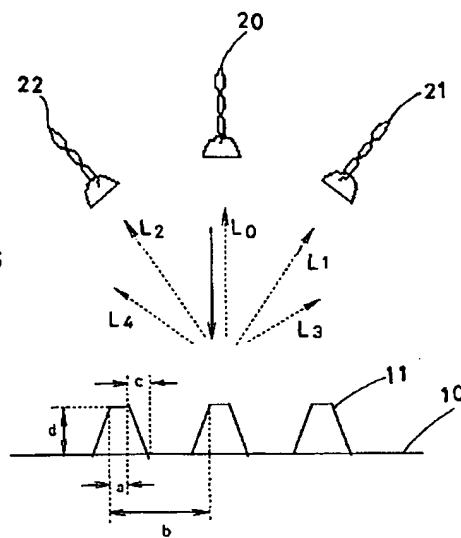


【図3】



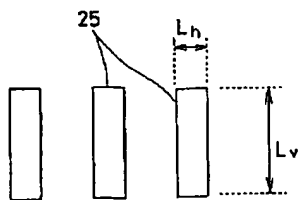
12 段差  
13 フォーカス管理パターン  
14 本体回路パターン

【図5】



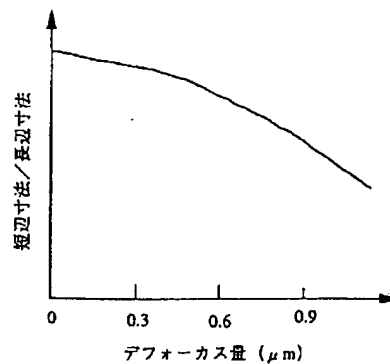
20, 21, 22 光検出器

【図6】

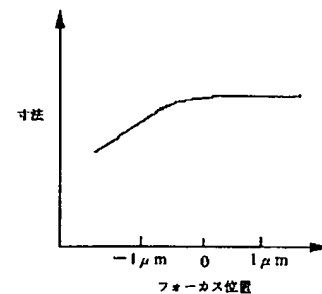


25 矩形パターン

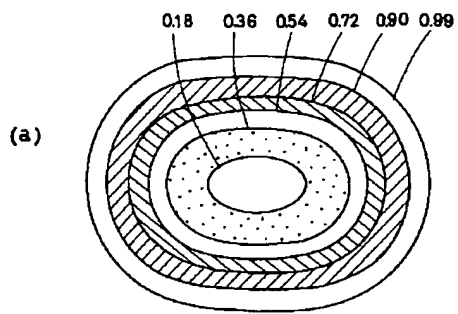
【図8】



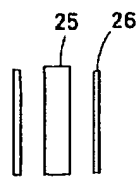
【図11】



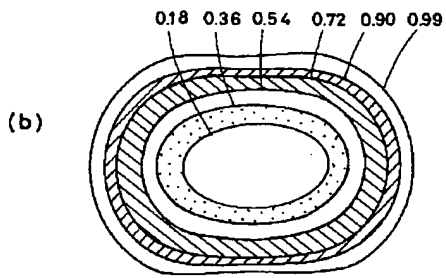
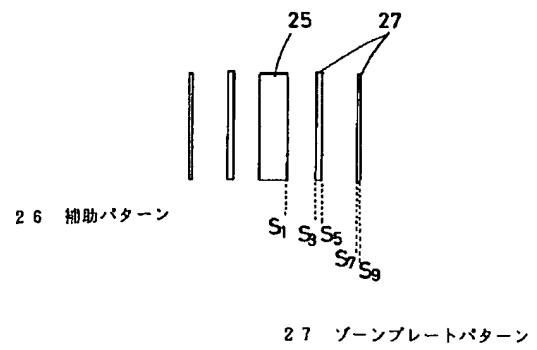
【図7】



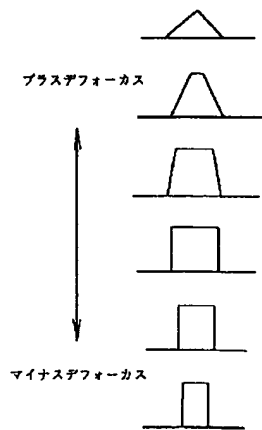
【図9】



【図10】



【図12】





---Paragraphs from [0018] to [0027] in specification---

## DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

[0018]

### First Embodiment

The first embodiment of the present invention will be explained with reference to Fig. 1 to Fig. 5. Fig. 1 is an explanatory view of a method of focus management of a semiconductor integrated circuit pattern and Fig. 2 is a graph showing a relation between an inclination angle of a resist pattern edge and a focus position.

[0019]

As shown in Fig. 1, a photoresist 11 is applied on a semiconductor substrate 10, and a mask pattern (reticle) which serves as a semiconductor circuit pattern is exposed and transferred on the resist 11 using a scaled projection and exposure apparatus. Aside from the semiconductor circuit pattern, a pattern for size measurement having an interval between a line and a space of 1:2 or more, which is nearly in a state of being isolated, is provided in advance in this mask pattern. After exposure, the size of the developed resist pattern is measured with an electron beam length measuring device. As shown in Fig. 1B, since the shape of the first transition and the last transition of a signal waveform detected by a secondary electron detector varies according to the inclination of the resist pattern edge, it is possible to calculate the taper angle  $\theta$  of the resist pattern by determining the intersecting angle between the waveform of the first and last transition angle and the reference waveform of a scanned portion on the substrate.

[0020]

As shown in a conventional example in Fig. 12, the sectional shape of a resist is a taper shape at a focus position on the plus side. Fig. 2 is prepared from a relation between this resist sectional form and the focus position, the focus position of a scaled projection and exposure apparatus is measured based on the resist taper angle obtained by Fig. 1. When a resist having little change in the sectional shape of the resist on the minus defocus side is used, as shown in Fig. 3, a focus management pattern 13 is formed on the bump 12 (site having a difference in level) of the semiconductor substrate 10. By doing in this manner, it can be set on more plus focus side from the best focus position of the main body focus circuit pattern 14. Accordingly, it is possible to conduct focus management of the main body circuit pattern 14 by managing the taper angle.

[0021]

Furthermore, as shown in Fig. 4, when a half tone phase shift mask 15 is used, on the periphery of the main body circuit pattern being a half tone region 16, a chromium region (Cr region) 17 perfectly shielding an exposure light is arranged and a focus management pattern 18 is formed in the chromium region 17. When the focus management pattern 13 is set on the bump 12 (a site having a difference in level) as shown in Fig. 3, similarly to the time when the focus position of the focus management pattern 13 is shifted on the plus focus side in relation to the focus position of the main body circuit pattern 14, it is possible to create positional displacement of a focus between the main body circuit pattern and the focus management pattern. In other words, since an exposure light which has passed the half tone phase shift mask 15 creates a phase difference between the half tone region 16 and the chromium region 17, the focus management pattern 18 formed in the chromium region 17, positional displacement of a focus from the half tone region 16 occurs.

[0022]

It should be noted that in the first embodiment, a pattern in the ratio of the line to the space of 1:2 or more, which is nearly in a state of being isolated, and easy to detect the taper angle of the resist pattern, is used. However, other resist patterns having other ratios can be used. Furthermore, although the electron beam measuring device is used for determining a taper angle of the resist pattern on the semiconductor substrate, as shown in Fig. 5, coherent light is radiated on the resist pattern 11 and multi-order light intensity diffracted from the resist pattern is detected to determine a resist pattern shape by reverse Fourier-transform processing as shown below. Thus, it is possible to determine the taper angle of a resist pattern. Note that in Figs. 5, 20, 21, and 22 are light detectors.  $L_0$  designates zero-order light,  $L_1$  designates plus primary light,  $L_2$  designates minus primary light,  $L_3$  designates plus secondary light, and  $L_4$  designates minus secondary light.

[0023] Suppose that  $\varepsilon = a/b$ ,  $\delta = 2\pi d/\lambda$ ,  $\eta = (b-a-2c)/b$

$$I_1/I_0 = (\sin^2\pi\varepsilon - 2\sin\pi\varepsilon \times \sin\pi\eta \times \cos^2\delta + \sin^2\pi\eta)/\{\pi^2(\varepsilon^2 + 2\varepsilon\eta \times \cos^2\delta + \eta^2)\} \dots \textcircled{1}$$

$$I_n = (\sin^2\pi\varepsilon + 2\sin\pi\varepsilon \times \sin\pi\eta \times \cos^2\delta + \sin^2\pi\eta)/4\{\sin^2\pi\varepsilon - 2\sin\pi\varepsilon \times \sin\pi\eta \times \cos^2\delta + \sin^2\pi\eta\} \dots \textcircled{2}$$

$$I_n/I_0 = (\sin^2n\pi\varepsilon - 2 \times (-1)^n \sin(n\pi\varepsilon) \times \sin(n\pi\eta) \times \cos^2\delta + \sin^2n\pi\eta)/\{n^2\pi^2\{\varepsilon^2 + 2\varepsilon\eta \cos^2\delta + \eta^2\}\} \dots \textcircled{3}$$

where  $I_0$  designates zero-order diffraction light intensity,  $I_1$  designates primary diffraction light intensity, and  $I_n$  designates n-th order diffraction light intensity.

[0024] By using the above equations ①, ② and ③ as simultaneous equations,  $\varepsilon$ ,  $\delta$  and  $\eta$  are determined so that the taper angle of the resist can be determined.

Second Embodiment

The second embodiment of the present invention will be explained using Fig. 6 to Fig. 10. Fig. 6 is a rectangular pattern 25 which is used for detecting positional displacement of a focus,  $L_h$  designates a shorter side and  $L_v$  designates a longer side.

[0025]

Fig. 7 shows a simulation result of exposure light intensity of the rectangular pattern, in which the ratio of a shorter side  $L_h$  to a longer side  $L_v$  is nearly 1:2, Fig. 7A is at the time of best focus and Fig. 7B is at the time of 0.6  $\mu\text{m}$  defocusing. The values in Fig. 7 indicate relative light intensity. It is found that the ratio of the shorter side  $L_h$  to the longer side  $L_v$  varies according to the defocusing. Fig. 8 shows the ratios in length of the shorter side  $L_h$  to the longer side  $L_v$  at the time of varying the focus, which are determined by light intensity simulation of Figs. 7A and 7B. It is possible to determine the positional displacement of a focus by measuring the ratio of the shorter side  $L_h$  and the longer side  $L_v$  of the rectangular pattern 25 because the size ratio of the shorter side  $L_h$  to the longer side  $L_v$  varies according to the positional displacement of the focus.

[0026] In the second embodiment, the rectangular pattern 25 is used for detecting positional displacement of the focus. As shown in Fig. 9, however, it is possible to provide a supplementary pattern 26 in the vicinity of the rectangular pattern 25 for the purpose of enhancing the size change ratio caused by the positional displacement of the focus. In other words, due to an optical interference effect owing to the supplementary pattern 26, it becomes possible to emphasize difference in resolution power between a shorter side direction and a longer side direction, and as a result, it becomes possible to enhance the size change ratio due to the positional displacement of the focus.

[0027]

Furthermore, as shown in Fig. 10, it is also possible to provide zone plate patterns 27 as supplementary patterns having a radius  $S_1$  for each ring shown in an equation (4) below.

$$S_1 = \sqrt{n\lambda f}$$

where  $f$  is a focal length of the zone plate. Thus, by using the zone plate pattern 27, it becomes possible to further enhance the optical interference effect more, and to improve a difference in size conversion in relation to the positional displacement of a focus.

---CLAIMS---

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A method of detecting pattern formation abnormalities, comprising  
determining a relation between an inclination angle and a focus position of  
a resist pattern edge;  
calculating a taper angle of the resist pattern formed on a semiconductor  
substrate by a scanned projection and exposure apparatus; and  
measuring positional displacement of a focus of said scaled projection and  
exposure apparatus from the relation between the inclination angle of said resist  
pattern edge and the focus position based on said taper angle.
2. The method of detecting pattern formation abnormalities according to  
claim 1, wherein the taper angle of said resist pattern is calculated from a signal  
waveform obtained by scanning electron beams on the resist pattern formed on the  
semiconductor substrate.
3. The method of detecting pattern formation abnormalities according to  
claim 1, wherein the taper angle of said resist pattern is calculated by irradiating  
the resist pattern formed on the semiconductor substrate with coherent light and  
detecting the diffraction light from said resist pattern.
4. The method of detecting pattern formation abnormalities according to  
claim 3, wherein the taper angle of the resist pattern is calculated by determining  
the strength ratio between zero-order diffraction light and primary, secondary and  
n-th order diffraction light.
5. The method of detecting pattern formation abnormalities according to  
claim 1, wherein the resist pattern formed on the semiconductor substrate  
maintains a ratio of line to space to be 2 or more.
6. The method of detecting pattern formation abnormalities according to  
claim 1, wherein the resist pattern is formed on a bump (a site having a difference  
in level) formed on the semiconductor substrate.
7. The method of detecting pattern formation abnormalities according to  
claim 1, wherein the resist pattern is formed in a chromium region formed on a  
halftone phase shift mask.
8. A method of detecting pattern formation abnormalities, comprising:  
determining a relation between a ratio in length of the shorter side to the  
longer side of a rectangular resist pattern and a focus position;  
forming a rectangular resist pattern on the semiconductor substrate using  
a scaled projection and exposure apparatus; and

determining positional displacement of a focus of said scaled projection and exposure apparatus from a relation between a ratio in length of the shorter side to the longer side of said rectangular resist pattern and a focus position based on the ratio between the shorter side length and the longer side length of said rectangular pattern.

9. The method of detecting pattern formation abnormalities according to claim 8, wherein a supplementary pattern is arranged in the vicinity of the rectangular pattern.

10. The method of detecting pattern formation abnormalities according to claim 9, wherein the supplementary pattern is a zone plate pattern.